5H

УДК 005.311.6

М.В. Новиков
Таганрогский институт управления и экономики, Россия
michael.novikoff@gmail.com

Гребенчатый фильтр в системе принятия инвестиционных решений на рынке ценных бумаг

В основе процесса принятия решений на фондовом рынке в условиях неопределенности второго рода возможен комплексный подход, состоящий из взаимосвязанных по критерию оптимума полезности моделей Фридмана – Сэвиджа и модели оптимума номинала. В этой системе моделей используется гребенчатый фильтр в качестве согласующего устройства. Гребенчатый фильтр строится на основе предпосылок и допущений о составе и структуре сигнала, к которому можно отнести информацию, формируемую в рамках процесса функционирования фондовой биржи.

Введение

Постановка задачи: 1) представление гребенчатого фильтра в качестве согласующего устройства для осуществления процессов фильтрации полезного сигнала из всего информационного потока; 2) отображение информационного фильтра, как некоторой системы, в состав которой входят взаимосвязанные по критерию оптимума полезности модель Фридмана – Сэвиджа и модель оптимума номинала; 3) анализ возможности использования данного информационного фильтра для выделения полезного сигнала, необходимого при принятии решений на фондовом рынке.

Цель работы: 1) представить возможность совместного использования модели Фридмана – Сэвиджа и модели оптимума номинала, взаимосвязанных по критерию оптимума полезности для принятия решений, как составляющих единой системы информационного фильтра; 2) включить гребенчатый фильтр в состав информационного фильтра для осуществления процессов фильтрации полезного сигнала из всего информационного потока; 3) показать возможность использования такой информационной системы для организации процессов принятия решений в фондовой бирже; 4) разработать блок-схему алгоритма, моделирующего процесс принятия решений на основе фильтрации данных о РЦБ с использованием информационного фильтра.

Одним из представляющих интерес, с точки зрения функциональных особенностей фильтрации полезного сигнала из некоторого шума, разновидностей фильтров является гребенчатый фильтр. Этот фильтр строится на основе теоретических предпосылок и допущений о составе и структуре сигнала, который необходимо выделить из шума неопределенной природы. Предположим, что фильтруемый сигнал является дискретным по времени обработки, характеризуется периодичностью (частотой) своего появления. Такой сигнал имеет определенный уровень величины амплитуды (объема) его численных значений, а также характеризуется снижением (увеличением) его значимости в системе экономических отношений. При характеристике такого сигнала необходимо также учесть, что его периодичность появления отражает достаточно сложную природу, т.е. его можно представить в виде повторяющихся сгустков (пачек), внутри которых имеет место определенная совокупность дискретных составляющих

со своей периодичностью, амплитудой и значимостью. Выделение такого сложного сигнала из множества представляет собой определенную методическую и инструментальную сложность. Задачу выделения такого сложного сигнала из множества составляющих, как правило, решает и институциональный инвестор, и отдельное физическое лицо, имеющее некоторый экономический интерес.

Методика выделения такого сигнала основывается на системе математических моделей, включающей модель обоснования принятия решения о численном значении цены выбираемой ценной бумаги, например, акции из множества, присутствующего на РЦБ. Для решения этой задачи предлагается использовать обобщенную функцию эффективности оптимума номинала [1], которую можно представить в следующем виде:

$$\phi(\overrightarrow{M}_h) = \int_{y_k}^{y_n} C(Y, \overrightarrow{X}_v) f(Y, M_h) dy; \; v = \overrightarrow{1,n}, \; h = \overrightarrow{1,k}; \quad (1)$$

$$\underset{Z}{\overrightarrow{M}}{}_h = \psi(\overrightarrow{X}_h); \quad (2)$$

$$\overrightarrow{X} \in \overrightarrow{X}_{доп}; \overrightarrow{X}_{доп} \subset \chi; \vec{Y} \in \vec{Y}_{доп}; \vec{Y}_{доп} \subset \gamma; \vec{Z} \in \vec{Z}_{доп}. \quad (3)$$

Соотношение (1) – суть целевая функция, (2) – M_h – моменты распределения функции $f(Y)$ и (3) – ограничения к ней. Оптимум обобщенной функции эффективности достигается оптимумом функции полезности $C_i(Y, \overrightarrow{X}_v)$ с учетом функции плотности распределения. Эту модель целесообразно использовать на уровне определения дисперсии математического ожидания цены для анализируемой ценной бумаги (первый уровень фильтрации полезного сигнала).

Для таких объектов управления, как ценная бумага, оптимум возможен: а) для доходных ценных бумаг – при максимуме риска; б) для низкодоходных ценных бумаг – при реализации процедуры страхования. Анализ этих ситуаций показывает, что необходимо определить оптимальные значения принятых решений в области возможных предпочтений максимума риска процедуре страхования. В этом случае в данной системе моделей целесообразно использовать модель Фридмана – Сэвиджа [2], позволяющая определить оптимум специально конструируемой функции полезности принимаемого решения (вторая составляющая теоретической базы исследования).

М. Фридманом и Л.Дж. Сэвиджем предложена формальная модель, описывающая поведение потребительских единиц (в данном случае – покупателя ЦБ) в условиях риска, основываясь на положениях теории ожидаемой полезности в рамках модели Неймана – Моргенштерна (далее по тексту – НМ) [3]. М. Фридман и Л.Дж. Сэвидж выстраивают формальную модель (далее – модель ФС), рассматривая два случая: страхование и азартная игра [2].

Модель основывается на допущениях о том, что при выборе среди доступных потребительской единице альтернатив, как рисковых, так и гарантированных, эта модель ведет себя в рамках следующих утверждений: а) потребительская единица имеет стойкие предпочтения; б) ее предпочтения могут быть описаны кардинальной полезностью гарантированных эквивалентов рисковых альтернатив; в) при осуществлении выбора потребительская единица максимизирует ожидаемую полезность. В модели ФС принято упрощение, позволяющее представление функции полезности как функции одного аргумента – денежного дохода.

Будем считать процесс выбора стратегии страхования по отношению к стратегии риска (и обратный) основным процессом принятия решений в рамках существования глобальной стратегии в данной системе выбора.

Множество альтернатив при выборе в условиях риска предполагает наличие вероятностных распределений возможных доходов. Согласно ожидаемой полезности НМ, если вероятность получения дохода I_1 равна *p*, то вероятность получения дохода I_2 равна (*1–p*), где *0<p<1*. Соответственно, проигрышем может считаться не только отрицательная величина дохода *I*, но и величина упущенной выгоды $I_1 - I_2 < 0$. В целях упрощения изложения модели ФС положим $I_2 > I_1$. Рисковые альтернативы обозначим α_1, альтернативы, позволяющие получить гарантированный доход, обозначим α_2.

Наличие в модели ФС не рисковых альтернатив α_2, приносящих надежный доход I_0, справедливо, так как в процессе выбора представляют собой и реальные, и альтернативные издержки. Издержки реальные в случае, когда I_0 – текущий доход покупателя ЦБ, который является ресурсом для реализации рисковой альтернативы [2].

Опираясь на вышеизложенные допущения, положим полезность альтернативы α_2 – $U(I_0)$, а ожидаемую полезность α_1:

$$\overline{U}(\alpha_1)p \cdot u(I_1) + (1-p) \cdot u(I_2), \tag{4}$$

где $U(\alpha_1)$ – ожидаемая полезность рисковой альтернативы (α_1). В соответствии с моделью НМ, покупатель ЦБ выберет α_1, если $\overline{U} > u(I_0)$; выберет α_2, если $\overline{U} < u(I_0)$; и ему будет безразлично, какую альтернативу выбирать, если $\overline{U} = u(I_0)$.

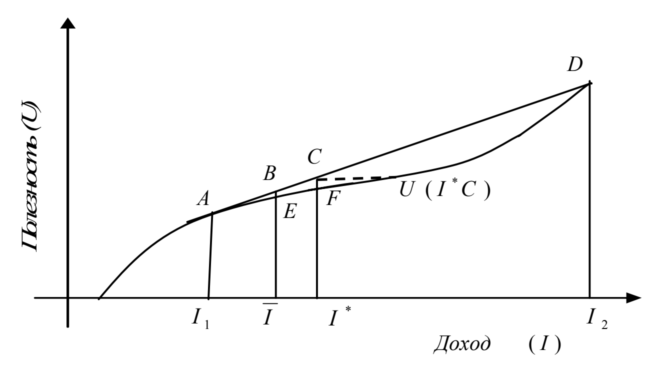


Рисунок 1 – Функция полезности, совместимая со страхованием и игрой в азартные игры

Пусть функция полезности, совместимая со страхованием и игрой в азартные игры имеет вид, представленный на рис.1. [4]. График функции полезности отражает тот факт, что покупатель ЦБ готов жертвовать частью ожидаемого дохода в целях страхования от возможных убытков, в случае, если кривая полезности имеет выпуклую форму, т.е. предельная полезность денег не возрастает с уменьшением вероятности выигрыша. Покупатель ЦБ также готов платить за участие в игре, в случае, если кривая полезности вогнута, т.е. предельная полезность денег не убывает с уменьшением вероятности выигрыша. Очевидно, что модель соответствует условию β в случае, если функция полезности не всюду выпукла и не всюду вогнута (рис. 1).

Для обоснования полезности локальных управленческих решений (обоснования величины дохода при выбранной цене ЦБ по отношению к номинальному ее значению) представляет особый интерес совмещение моделей оптимума номинала с моделью ФС. Такое совмещение позволит выстроить иерархию принятия решений в соответствии с этапами реализации этого процесса и рассмотреть альтернативы, «промежуточные» между α_1и α_2.

Сочетание этих двух моделей позволит соединить эти два уровня принятия решений. Такое совместное использование метода оптимума номинала и модели Фридмана-Сэвиджа, для принятия глобальных решений в зоне риска, или страхования относительно оценки полезности принятых решений, может быть представлено как комплексное [5].

Графический аналог такого комплексного использования этих двух моделей может быть представлен в виде следующего рисунка (рис. 2). На рис. 2 размещение функции плотности вероятности оптимума номинала представлено применительно к одному из уровней доходности *I* ценной бумаги и соответствующему ему уровню риска, который соответствует определенной полезности принимаемого решения. Такое сочетание этих двух моделей позволяет использовать его как систему взаимосвязанных моделей при обосновании принимаемых решений о приобретении конкретного вида ценной бумаги с учетом ограничений и уровня риска.

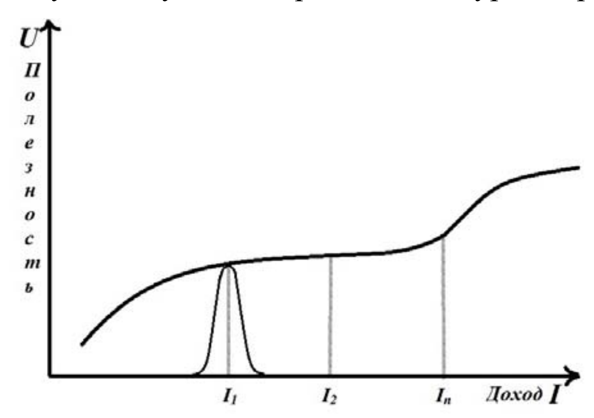


Рисунок 2 – Совмещение функции полезности с кривой плотности вероятности

Реальная практика принятия инвестиционного решения показывает практически бесконечно большое множество точек, соответствующих определенному уровню полезности и соответствующего ему уровню риска. В связи с этим необходимо учитывать либо все множество этих точек, либо то их подмножество, которое будет представлять интерес и с точки зрения инвестора, и с точки зрения состояния экономики в целом (макро- и микро- ее составляющей). Выделение необходимого подмножества точек состояния и представляет собой задачу его фильтрации из исходного множества по некоторому критерию эффективности.

Суть процедуры фильтрации заключается в следующем. Рассмотрим одномерную дискретную функции эффективности оптимума номинала [4]

$$\phi = \sum_{i=1}^{S} C_i p_i = \sum_{i=1}^{S} C_i \int_{y_{in}}^{y_{ik}} f(Y)dY, \qquad (5)$$

где $f(Y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\left(\frac{Y - m_Y}{\sigma\sqrt{2}} \right)^2 \right]$ – закон распределения выходной величины *Y* (параметра ценной бумаги, в данном случае – ее цены); m_y и σ^2 – соответственно математическое ожидание и дисперсия; C_i – оценка полезности значения *y* в различных *i*-х интервалах $\left[y_{in,}\, y_{ik} \right]$.

Для последующего анализа необходимо определить отклонение ΔY функции эффективности от оптимального значения в зависимости от вариаций математического ожидания (Δm_y) и основного отклонения ($\Delta\sigma$). Вариации $\Delta\sigma$ в данном

случае представляется возможным интерпретировать как волатильность ЦБ, то есть как еще один параметр ЦБ, включаемый в анализ. Как известно волатильность определяется в соответствии с соотношением (6):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\overline{X})^2}{n-1}} \,. \qquad (6)$$

Отклонение ΔY функции эффективности от оптимального значения с учетом ошибки Erf(y) можно получить, определяя частную производную функции эффективности оптимума номинала по параметру σ:

$$\frac{\partial\phi(m_y,\sigma)}{\partial\sigma} = \frac{1}{\sigma^2\sqrt{2\pi}}\sum_{i=1}^{n} C_i\left\{\exp\left[-\left(\frac{y_{ik}-m_y}{\sigma\sqrt{2\pi}}\right)^2\right](m_y-y_{ik}) - \exp\left[-\left(\frac{y_{in}-m_y}{\sigma\sqrt{2\pi}}\right)^2\right](m_y-y_{in})\right\}. \qquad (7)$$

Соотношение (7), как одна из составляющих ряда Тейлора, нас будет интересовать с точки зрения анализа, так как в этом соотношении присутствует параметр волатильности ЦБ, а само это соотношение характеризует интенсивность изменения этого параметра [5].

Использование вышеприведенных моделей возможно при любых видах сигналов: периодических, апериодических и т.д. В данном случае нас будет интересовать некоторый сигнал, поступающий на вход некоторой организационной системы, например, фондовой биржи (ФБ), организация функционирования которой осуществляется в соответствии с определенным регламентом. Принимаемый регламент является частью системы принятия решений в условиях функционирования данной биржи на определенный отрезок времени.

Мировая практика показывает, что фондовая биржа в соответствии со своими функциями является инструментом регламентации событий, развивающихся на рынке ценных бумаг (РЦБ). Функционирование фондовой биржи, как рыночного института, позволяет влиять на изменение состояния РЦБ. Такую регламентацию можно осуществить, используя алгоритм построения расписания осуществления торгов на ФБ, основанный на временном разделении моментов прихода сигнала, в данном случае – информации о ценной бумаге, поступившей на вход ФБ, и о приходе заявки на приобретение определенного вида ценной бумаги. Можно предположить, что моменты входа ЦБ и прихода заявки целесообразно отнести к случайному событию. Тем не менее, процесс накопления заявок, т.е. их регистрация, обработка, позволяет случайный процесс преобразовать в детерминированный. Такое преобразование позволяет организовать процесс обслуживания заявки по заранее построенной системе процедур, позволяющей решить задачу выбора заявки, в данном случае ценной бумаги, в соответствии с критерием максимума полезности при определенном уровне риска. Предлагаемую систему организации принятия решений можно, в определенном смысле, представить как некоторый информационный фильтр.

В основу такой системы процедур принятия решений могут быть заложены принципы построения гребенчатого фильтра, известного в системе обработки радиотехнического сигнала (далее по тексту – классический гребенчатый фильтр). Суть такого гребенчатого фильтра заключается в его возможности пропускать сигнал в такие моменты времени, соответствующие определенным значениям периода прохождения сигнала, которые соответствуют максимальному численному значению амплитуды настройки фильтра. Настройка фильтра на необходимый период и амплитуду его характеристик позволяет принимать полезный сигнал, состоящий из пачки с разными временными характеристиками (периодами). Такое построение фильтра повышает уровень надежности приема сигнала. Его достоверность проверяется пу-

тем пропуска этого сигнала через составляющие гребенки, в соответствии с задержкой его во времени с помощью специально конструируемого устройства – линии задержки. С помощью такого фильтра устраняются другие составляющие, не информационные для данного преобразования, по сути, являющиеся шумом для аналитика – лица, принимающего решение.

В системе обработки информации о состоянии РЦБ на уровне фондовой биржи необходимо определить моменты (на основе внутренней статистики ФБ) фиксации данных о ценных бумагах, т.е. цены, количества в пакете, рейтинговой оценки эмитента. Моменты фиксации появления ЦБ возможно организовать как периодически повторяющиеся точки реализации торгов на бирже. Четным периодам, например, будут соответствовать сделки по ценам, соответствующим максимальному уровню дохода – полезности при ограничениях по уровню риска. Нечетным периодам – ценам с минимальным уровнем дохода. В процессе организации торгов будут представлять интерес точки максимума. В соответствии с этой процедурой необходимо осуществлять выделение сигнала из всего потока, т.е. из шума. Такая процедура соответствует классическому гребенчатому фильтру. Для реализации процессов функционирования ФБ, в соответствии с ее назначением, построение «гребенки» должно отражать особенности организации процесса фильтрации, которые заключаются в самом процессе выделения сигнала из шума. Классический гребенчатый фильтр преобразуется в синтезируемый фильтр с помощью следующей процедуры: в точках максимума осуществляется оценка сигнала по критерию обобщенной функции эффективности оптимума номинала, т.е. осуществляется оценка математического ожидания сигнала и возможный уровень дисперсии в данной точке анализа. Эта процедура позволяет выделить те составляющие сигнала, которые имеют определенную ценовую составляющую в некотором допустимом поле их разброса. Такое дополнение гребенчатого фильтра еще не решает в полной мере задачу, стоящую перед ФБ, а именно – предупредить инвесторов о неэффективности принимаемых ими решений. Для решения этой задачи предусматривается возможность модулирования амплитуды гребенчатого фильтра функцией Фридмана – Сэвиджа (рис. 3). Такая модуляция гребенчатого фильтра по амплитуде позволяет расширить возможность этого фильтра путем изменения ограничений на амплитуду его характеристики на основе изменяющейся полезности принимаемого решения (точки A,B,C,D,E).

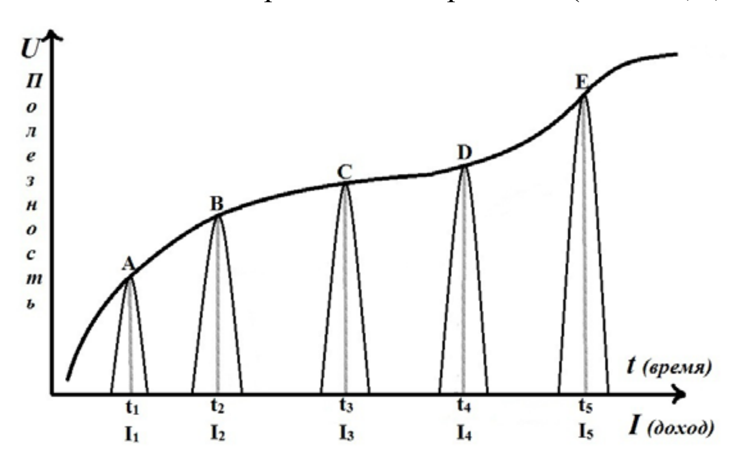


Рисунок 3 – Модулирование гребенчатого фильтра функцией полезности Фридмана-Сэвиджа

Представленное выше согласованное по разным критериям (по времени, по численному значению параметра, по значимости) сочетание трех видов моделей позволяет сформировать единый информационный фильтр. Такой фильтр обеспечивает

процесс принятия решений по двум критериям: максимум дохода при ограничениях на риск (локальный уровень), максимум полезности при определенном уровне риска и страхования приобретения определенного вида ценной бумаги (глобальный уровень).

Реализация процесса принятия решений с использованием вышеописанной системы моделей возможна на уровне такого специализированного института РЦБ, как фондовая биржа. В связи с этим представляется возможным на уровне фондовой биржи реализовать функцию институционального регулятора состояния РЦБ с помощью представленной выше системы принятия инвестиционных решений, основанных на использовании синтезированного информационного фильтра. Эта задача становится особенно важной в связи с необходимостью выделения специализированных сессий в рамках ФБ, например, энергетического сектора экономики, нефтегазового и т.д.

Процесс принятия решений, на основе использования синтезированного информационного фильтра для фильтрации данных о состоянии рынка ценных бумаг, осуществляется в соответствии с представленным на рис. 4 моделирующим алгоритмом в такой последовательности решения задач.

В блоке 1 представлена модель оптимума номинала (информация об обобщенной функции оптимума номинала). В этом блоке реализуется постановка задачи оптимума номинала для поиска оптимальных решений на рынке ценных бумаг (суть постановки этой задачи ниже).

В блоке 2 осуществляется настройка модели оптимума номинала в соответствии с требуемыми параметрами выбираемой для приобретения ценной бумаги, т.е. производится формирование оптимального фильтра и его настройка (по своей сущности эта модель выполняет функцию фильтра).

Представленный в блоке 3 оптимальный фильтр соответствует критериям оптимальности фильтрации исследуемого сигнала.

К исходным данным процесса принятия решений относятся: текущая стоимость ценной бумаги (ее цена); количество (размер пакета); возможная величина доходности ценной бумаги; возможная величина волатильности ценной бумаги.

Эти исходные данные представлены в блоке 6 схемы в виде сигнала, характеризующего данную ценную бумагу во множестве определенного размера статистической выборки (предполагается, что закон распределения случайных чисел, характеризующий данную выборку, подчиняется нормальному закону распределения).

В блоке 7 определяются следующие статистические характеристики (параметры) данной ценной бумаги: математическое ожидание цены ценной бумаги; величина дисперсии цены ценной бумаги; волатильность ценной бумаги.

Как отмечено выше, фондовая биржа, в соответствии со своими критериями деятельности как института рынка, осуществляет торговую сессию путем организации потоков информации о состоянии РЦБ в соответствии с принципом максимума полезности при ограничениях на соответствующие уровни инвестиционного риска. Возможность решения этой задачи видится с помощью построения гребенчатого фильтра (одна из его составляющих – кривая плотности вероятности определения оптимального уровня номинала ЦБ – показана на рис.1).

В блоке 5 осуществляется процесс фильтрации (выделения) нужного для принятия решений сигнала на основе сопоставления выделенных в процессе разложения частных производных функции оптимума номинала в ряд Тейлора и минимизации отклонения вариаций второго момента (практически этот процесс соответствует условиям формирования оптимального фильтра в блоке 3).

В блоке 8 осуществляется сравнение данных поступающего сигнала о состоянии ЦБ с параметрами фильтра. Если имеет место соответствие этих параметров, то принимается решение о возможном приобретении этой ЦБ (блок 9). Если имеет

место несовпадение этих параметров, то продолжается процесс выбора другой ЦБ из исходного набора (котировочного листа), т.е. осуществляется возврат в блок 6.

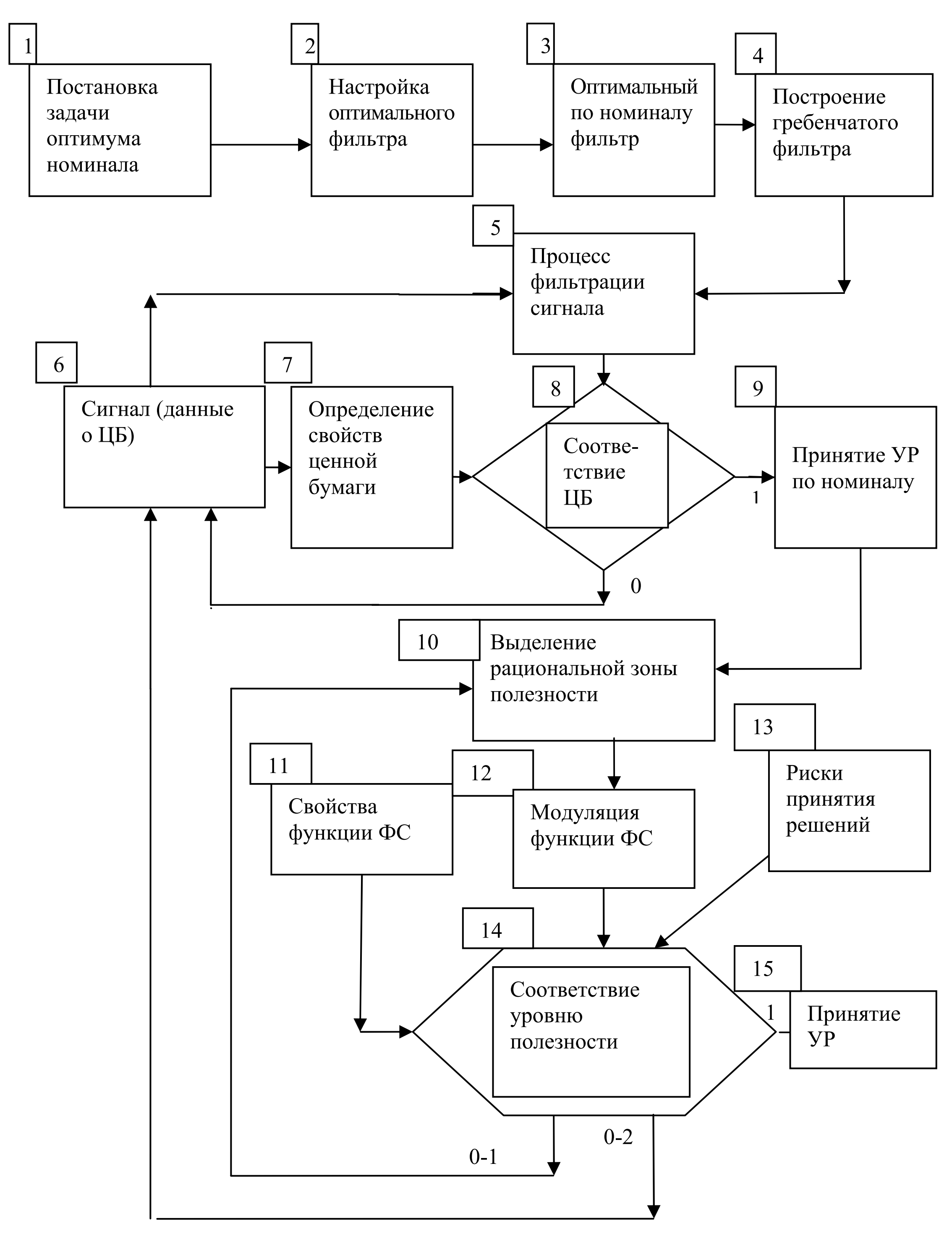


Рисунок 4 – Блок-схема моделирующего алгоритма процесса принятия решений на основе фильтрации данных о ЦБ

Принятое решение на первом этапе является базой для принятия решений на уровне выбора соответствующей зоны (блок 10) функции полезности Фридмана – Сэвиджа (далее – ФС): зоны риска или зоны страхования. Процесс выбора осуществляется в соответствии с возможными свойствами функции полезности в соответст-

вующей зоне (эти данные формируются в блоке 11), уровнем рисков функции полезности ФС (блок 13).

Одной из важнейших составляющих процесса принятия инвестиционных решений в данной системе информационного фильтра является процедура модуляции гребенчатого фильтра функцией полезности Фридмана – Сэвиджа. Такая модуляция позволяет выделять сигнал (данные о ЦБ) в соответствии с уровнем полезности выбираемого оптимума ЦБ при ограничениях на риск.

В блоке 14 осуществляется сопоставление данных блоков 11 и 12 с данными свойств принятой к приобретению ЦБ. При наличии соответствия принимается решение о приобретении данной ЦБ (блок 15). Если имеет место ситуация несоответствия, то продолжается процесс выбора оптимальной для конкретного случая зоны функции полезности (выход 0-1, реализуется локальная обратная связь). Если зоны риска или страхования функции полезности не определены, то необходимо осуществить еще одну итерацию поиска новой ЦБ (реализуется глобальная обратная связь).

Литература

1. Горелова Г.В. Обобщенная функция эффективности оптимума номинала. Оптимум номинала и задачи принятия решений / Г.В. Горелова // Межвузовский тематический научный сборник. – Таганрог : ТРТИ, 1978. – Вып. II. – С. 26.
2. Фридман М. Анализ полезности при выборе среди альтернатив, предполагающих риск. Теория потребительского поведения и спроса / М. Фридман, Л.Дж. Сэвидж ; пер. с англ. – СПб. : Экономическая школа, 1993.
3. Фон Нейман Дж. Теория игр и экономическое поведение / Дж. фон Нейман, О. Моргенштерн ; пер. с англ. – М. : Наука, 1970.
4. Иванов А.А. Анализ эффективности механизмов экономической мотивации в системе малого предпринимательства / А.А. Иванов, М.В. Новиков // Экономические и институциальные исследования : альманах научных трудов. – Ростов н/Дону : Изд-во ЮФУ, 2007. – Вып. 4 (24). – С. 204.
5. Горелова Г.В. Полезность и оптимум номинала как инструменты принятия решений на рынке ценных бумаг / Г.В. Горелова, М.В. Новиков // Системный анализ в проектировании и управлении : сборник научных трудов XIII Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 384 с.

М.В. Новіков

Гребінчастий фільтр у системі прийняття інвестиційних рішень на ринку цінних паперів

В основу процесу прийняття рішень на фондовому ринку в умовах невизначеності другого роду покладено комплексний підхід, що складається з взаємозв'язаних за критерієм оптимуму корисності моделей Фрідмана – Севіджа і моделі оптимуму номіналу. У цій системі моделей використовується гребінчастий фільтр як узгоджувальний пристрій. Гребінчастий фільтр будується на основі передумов і допущень про склад і структуру сигналу, до якого можна віднести інформацію, що формується в рамках процесу функціонування фондової біржі.

M.V. Novikov

Pectinated Filter in Systems of Decision Making on Stock Market

Decision making on stock market in condition uncertainty of the second form will be based on complex method. This method is conclusion in using model of utility of Freedmen – Sawidge and model of optimum of nominal which is relative. In this case decision making is realize with use information filter constructing on based these models. Pectinated filter is using as coordination conformation of filtration processing from over of information stream. Pectinated filter is constructed on base of theoretical premises and assumptions about consistency and structure of signal, which is distinguish from noise of uncertain nature. Signal far filter is discrete on time and is characterize of own periodical formation. The information about functionary of stock exchange is characterized as that signal. Stock exchange is institute of stock market and so it fulfill the function of regulate of conditions stock market based on information stream. Herewith the actual task is allotment information for affective decision making. The solving these task is perhaps with using information filter is giving optimizes process selection from existing alternative position of stock market, based on model of utility of Freedmen – Sawidge, model of optimum of nominal and pectinated filter.

Статья поступила в редакцию 09.07.2010.